

Palmier à huile et déficit hydrique production, techniques culturales adaptées(1)

Oil palm and water deficit, production, adapted cropping techniques

J.P. CALIMAN (2)

Résumé. — L'alimentation hydrique est un facteur limitant prépondérant pour la production du palmier à huile. Une meilleure connaissance de la physiologie de la plante devrait aboutir à terme à l'établissement de modèles dynamiques de la production permettant notamment de quantifier l'effet des déficits hydriques. Quelques résultats dans ce domaine ont déjà été obtenus par l'IRHO (haïson réserve en eau du sol - ouvertures stomatiques - photosynthèse). Jusqu'à présent, l'effet du déficit hydrique sur la production est étudié par la mise au point de modèles statistiques simples (corrélation déficit hydrique - production) qui ne sont valables que dans les conditions précises pour lesquelles ils sont établis. Lors de ces études, il est apparu des périodes de sensibilité particulière des palmiers. Certaines techniques culturales permettent d'annuler ou de réduire l'effet néfaste des déficits hydriques (irrigation, préparation du sol, aménagements des terrains, conduite en sol nu...). Les résultats obtenus dans divers essais en champs sont présentés. Les effets néfastes de certaines techniques sont également discutés. La relation existant entre la nutrition potassique et le déficit hydrique souligne la nécessité des essais en champs pour l'établissement des niveaux critiques et des courbes de réponse aux engrais.

Mots clés. — Palmier à huile, déficit hydrique, production, techniques culturales, nutrition minérale.

INTRODUCTION

La production du palmier à huile est la résultante d'un certain nombre de facteurs : climat, fertilité des sols, potentiel génétique des semences, techniques culturales. Ces facteurs agissent sur la physiologie de la plante, soit *in fine* sur l'assimilation photosynthétique et l'utilisation des assimilats.

Parmi les facteurs climatiques, l'alimentation en eau apparaît comme le facteur de production le plus important. Les conditions pluviométriques optimales pour le palmier à huile se caractérisent par un total annuel de précipitations atteignant 2 000 mm, avec une répartition mensuelle régulière (Hartley, 1988).

Des situations climatiques plus sèches peuvent permettre d'obtenir de très bons rendements lorsque le manque de précipitations est compensé par la présence d'une nappe phréatique peu profonde (Quencez *et al.*, 1987).

Dans les situations écologiques moins favorables, le déficit d'alimentation en eau des palmiers à huile a une influence très importante sur la sexualisation, le taux d'avortement des inflorescences femelles et la croissance de la plante. Lorsque

Abstract. — Water supply is a decisive limiting factor in oil palm production. With better knowledge of the plant's physiology, it should eventually be possible to develop a dynamic model of production, for quantification of water deficit effects, among other things. IRHO has already obtained some results in this field (link between the soil's water reserve, stomatal opening and photosynthesis). So far, the effect of water deficit on production has been studied using simple statistical models (water deficit - production correlation), which are only valid under the specific conditions for which they were developed. During these studies, periods of particular oil palm susceptibility appeared. Certain cropping techniques cancel out or reduce the adverse effect of water deficits (irrigation, soil preparation, land developments, bare soil, etc.). The results obtained in various field trials are indicated. The adverse effects of certain techniques are also discussed. The relation existing between potassium nutrition and water deficit emphasizes the need for field trials, to establish critical levels and fertilizer response curves.

Key words. — Oil palm, water deficit, production, cropping techniques, mineral nutrition.

INTRODUCTION

Oil palm production is the result of a number of factors: climate, soil fertility, genetic potential of seeds, cropping techniques. These factors affect the plant's physiology, i.e. in the long run photosynthetic assimilation and assimilate utilization.

Among the climatic factors, water supply seems to be the most important for production. For oil palm, optimum conditions are an annual rainfall figure reaching 2,000 mm, with regular monthly distribution (Hartley, 1988).

It may be possible to obtain very good yields under dryer conditions, when the lack of rainfall is compensated for by the existence of a high water table (Quencez *et al.*, 1987).

Under less favourable ecological conditions, a water supply deficit has a considerable effect on oil palm sex differentiation, the rate of female inflorescence abortion and plant growth. When there is a prolonged drought, vegetative problems are seen, such as those described by Maillard *et al.* (1974) in West Africa, and by Lubis (1985) in Indonesia.

(1) Communication présentée au séminaire IPARD/PERHIMP/IRHO "Quelles techniques culturales pour les plantations applicables lors de longues saisons sèches" 19-20 février 1992, Bandung Java, (Indonésie).

(2) Agronome IRHO/CIRAD, c/o Research Centre for Estate Crop Maritah, P.O. Box 37, Pematang Siantar, North Sumatra, (Indonesia).

(1) Paper presented at the IPARD/PERHIMP/IRHO seminar "Cropping techniques for plantations, applicable during long dry seasons" 19th-20th February, 1992, Bandung, Jakarta.

(2) IRHO/CIRAD agronomist, c/o Maritah Research Centre for Estate Crops, P.O. Box 37, Pematang Siantar, North Sumatra (Indonesia).

la sécheresse se prolonge, on observe l'apparition de troubles végétatifs tels que ceux décrits par Maillard *et al.* (1974) en Afrique de l'Ouest, et par Lubis (1985) en Indonésie (Lampung) : accumulations de feuilles non ouvertes, dessèchement prématuré des feuilles basses, feuilles vertes cassées, dessèchement des régimes, basculement de l'ensemble du bouquet foliaire. Dans certains cas, ces troubles végétatifs peuvent aller jusqu'à la mort de l'arbre.

L'objet de cet article est de présenter les connaissances actuelles sur l'effet des déficits hydriques sur la production du palmier à huile et de décrire quelques techniques culturales pouvant permettre dans certains cas d'atténuer les effets néfastes de la sécheresse.

En Afrique de l'Ouest, il est fréquent de rencontrer des situations à déficits hydriques non négligeables. A Dabou (Côte-d'Ivoire) par exemple, la pluviométrie moyenne annuelle atteint 1800 mm, mais on observe l'existence de deux saisons sèches avec un déficit hydrique annuel moyen de 366 mm (Tabl. I). A Pobé (Bénin), la pluviométrie moyenne n'atteint que 1200 mm et le déficit hydrique annuel moyen s'élève à 543 mm.

Aussi, les résultats présentés proviennent essentiellement des essais et observations conduits par l'IRHO dans ces régions depuis plusieurs décennies.

(Lampung): accumulation of unopened leaves, premature drying out of lower leaves, broken green leaves, drying out of bunches, toppling of the entire canopy. In certain cases, these vegetative problems may even lead to tree death.

The purpose of this article is to indicate the knowledge already acquired on the effect of water deficits on oil palm production and describe a few cropping techniques that can, in certain cases, lessen the adverse effects of drought.

Quite severe water deficit situations are often encountered in West Africa. For example, at Dabou (Côte-d'Ivoire), mean annual rainfall reaches 1,800 mm, but there are two dry seasons with a mean annual water deficit of 366 mm (Table I). At Pobé (Benin), mean annual rainfall only reaches 1,200 mm, and the mean annual water deficit amounts to 540 mm.

In addition, the results given come primarily from trials and observations carried out by IRHO in these regions over several decades.

TABLEAU I. — Climatologie en Afrique de l'Ouest (mm) (Bénin et Côte-d'Ivoire) — (Climatology in West Africa -mm- Benin and Côte-d'Ivoire)

Mois (Month)	Pobé (Bénin) (1922-1988)		Dabou (Côte-d'Ivoire)	
	pluies (rainfall)	déficit hydrique ⁽¹⁾ (water deficit)	pluies (rainfall) (1947-1987)	déficit hydrique ⁽¹⁾ (water deficit) (1967-1987)
J	13	136	24	85
F	39	112	54	81
M	104	50	102	52
A	145	16	140	32
M	186	3	270	2
J	198	2	519	0
J	118	10	195	0
A	67	31	48	6
S	136	17	85	22
O	153	7	176	16
N	38	45	140	32
D	10	114	61	38
	1 207	543	1 814	366

(1) Méthode IRHO-IGM 12 (Surre, 1968) — (IRHO-IGM 12 method - Surre, 1968)

❑ EFFETS DES DEFICITS HYDRIQUES SUR LA PRODUCTION DU PALMIER A HUILE

Le rendement du palmier à huile est la résultante du bilan de carbone entre la production photosynthétique, source primaire de matière végétale et l'utilisation de ces assimilats pour les besoins de croissance et d'entretien de la plante. L'excédent de glucides étant alors disponible pour alimenter les régimes (IRHO, 1989). Les récents travaux entrepris par l'IRHO en Côte-d'Ivoire font apparaître que dans les conditions étudiées la quantité de matière sèche allouée à la production ne représente que 8 à 9 % des assimilats photosynthétiques (Dufrêne, 1989 ; Dufrêne *et al.* 1990).

✓ Relation réserve en eau du sol / ouvertures stomatiques / photosynthèse

Au cours de ses travaux, Dufrêne a montré que l'activité photosynthétique de palmiers âgés de 4 et 10 ans était influencée par la fermeture des stomates : en dessous d'un seuil de conductance de 8 à 10 mm/s, l'assimilation photo-

❑ EFFECTS OF WATER DEFICITS ON OIL PALM PRODUCTION

Oil palm yields are the result of the carbon balance between photosynthetic production, the primary source of plant material, and utilization of these assimilates for plant growth and maintenance requirements. The surplus carbohydrates are then available to supply the bunches (IRHO, 1989). Recent work undertaken by IRHO in Côte-d'Ivoire reveals that, under the conditions studied, the amount of dry matter allocated to production only amounts to 8 to 9% of photosynthetic assimilates (Dufrêne, 1989, Dufrêne *et al.*, 1990).

✓ Relation between the soil's water reserve, stomatal opening and photosynthesis

Dufrêne showed in his work that the photosynthetic activity of oil palms aged 4 to 10 years was affected by stomatal closing, below a conductance level of 8 to 10 mm/sec, pho-

synthétique diminue rapidement (Fig. 1). Il est alors logique de penser que le rendement du palmier à huile en est affecté.

Ces mêmes travaux font apparaître le parallélisme des courbes d'évolution de la réserve hydrique du sol (exprimée en pourcentage du domaine d'eau disponible DED) et de la conductance stomatique suivie sur une longue période incluant un cycle de dessiccation - humectation du sol (Fig. 2). Ces résultats confirment l'influence prépondérante de la disponibilité en eau du sol sur le fonctionnement stomatique de la plante. Au cours de la période étudiée, en alimentation hydrique satisfaisante, l'évapotranspiration réelle (ETR) était de l'ordre de 80 % de l'évapotranspiration potentielle (ETP) calculée selon la formule de Penmann modifiée⁽¹⁾. En conditions hydriques limitantes (réserve en eau du sol inférieure à la réserve facilement utilisable), le rapport ETR/ETP s'est alors abaissé pour atteindre des valeurs proches de 20 %.

Dans les conditions de la Côte-d'Ivoire (sols ferrallitiques sablo-argileux), les observations ont montré que les palmiers pouvaient mobiliser l'eau du sol sur une profondeur au moins égale à 5 mètres. Ce résultat est compatible avec les profils radiculaires effectués dans les mêmes conditions, faisant apparaître la présence de racines jusqu'à une profondeur de 5 mètres (Rey, 1988 ; Rey et al., 1991). La réserve en eau totale (RT) du sol calculée sur cette même profondeur est de 435 mm, et le domaine d'eau disponible pour la plante (DED) est de 250 mm soit 58 % de la RT. Cependant les observations de Dufrène (1989) ont montré que la régulation stomatique intervenait dès que 40 % de la réserve en eau totale (RT) était consommée (70 % du DED), soit une réserve facilement utilisable (RFU) d'environ 175 mm (Fig. 2 et 3).

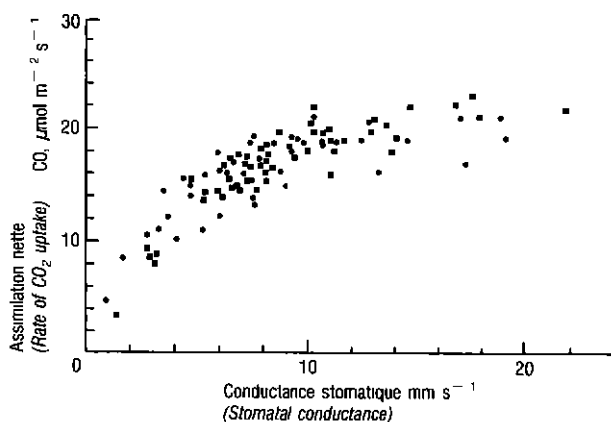


FIG. 1. — Influence de la conductance stomatique sur l'assimilation nette. Côte-d'Ivoire. (Dufrène, 1989). — (Effect of stomatal conductance on net uptake Côte-d'Ivoire -Dufrène 1989)

tosynthetic assimilation drops rapidly (Fig. 1). It is therefore logical to assume that oil palm yields are affected.

The same work revealed a parallel between the evolution curves for the soil's water reserve (expressed as a percentage of available water AW) and stomatal conductance monitored over a long period including a soil drying-moistening cycle (Fig. 2). These results confirm the major effect of water availability in the soil on the plant's stomatal functioning. During the period studied, with satisfactory water supply, real evapotranspiration (RET) was around 80% of potential evapotranspiration (PET) calculated using the modified Penmann formula⁽¹⁾. Under limiting water supply conditions (soil's water reserve less than the easily usable reserve), the RET/PET ratio dropped, reaching values of around 20%.

Under the conditions prevailing in Côte-d'Ivoire (loamy sand ferrallitic soils), observations have shown that oil palms can take water from the soil down to a depth of at least 5 metres. This result tallies with the root profile analyses carried out under the same conditions, revealing the existence of roots down to a depth of 5 metres (Rey, 1988, Rey et al., 1991). The total water reserve (TW) in the soil, calculated for the same depth is 435 mm, and the water available for the plant (AW) is 250 mm, i.e. 58% of TW. However, observations by Dufrène (1989) showed that stomatal regulation occurred as soon as 40% of total water reserve (TW) is used (70% of AW), i.e. an easily usable water reserve (EUW) of around 175 mm (Fig. 2 and 3).

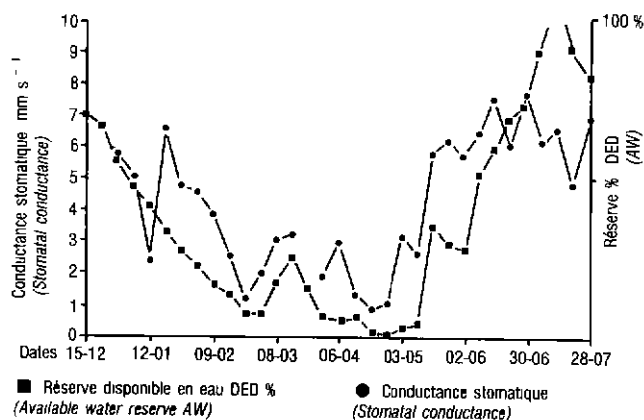


FIG. 2. — Evolution de la réserve en eau du sol et de la conductance stomatique. Côte-d'Ivoire. (Dufrène, 1989). — (Changes in the soil reserve and stomatal conductance Côte-d'Ivoire -Dufrène, 1989)

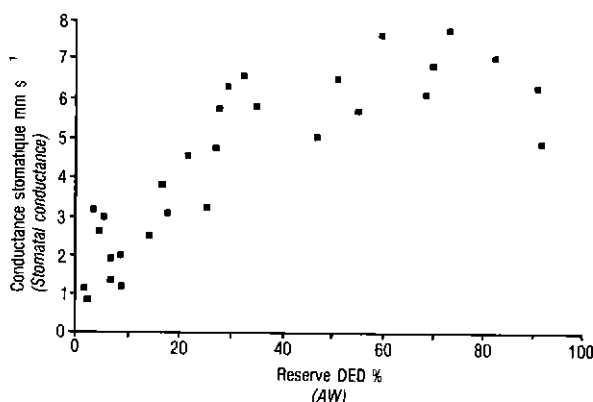


FIG. 3 — Variation de la conductance stomatique en fonction de l'état des réserves en eau du sol. Côte-d'Ivoire. (IRHO, 1989). — (Variation of stomatal conductance depending on the water in the soil Côte-d'Ivoire -IRHO, 1989)

(1) Dans les conditions étudiées, l'ETP calculée a varié entre 2 et 4,5 mm/jour

(1) Under the conditions studied, calculated PET varied between 2 and 4.5 mm/day

Ces études ont aussi mis en évidence la très grande sensibilité des stomates au déficit de pression en vapeur d'eau de l'air (hygrométrie), dont l'accroissement provoque la fermeture des stomates même en condition de bonne alimentation en eau (période d'harmattan). Inversement, les stomates peuvent s'ouvrir en condition de déficit en eau du sol prononcé, lors de faibles pluies.

A terme un modèle dynamique de la production pourrait être élaboré à partir de ces études. Il permettrait notamment de quantifier les effets des déficits hydriques sur le rendement.

✓ Relation déficit hydrique - production : modèles statistiques

Actuellement, pour étudier ces relations on utilise des modèles statistiques établis sur des périodes climatiques déterminées et pour des conditions de culture précises (conditions écologiques, matériel végétal, âge de plantation...). La méthode d'estimation de la production est basée sur une analyse des paramètres écologiques du milieu. Les diverses études réalisées en Afrique de l'Ouest montrent que dans ces régions les meilleures corrélations sont obtenues avec le déficit hydrique, et parfois le rayonnement utile. Le bilan hydrique est alors estimé à partir d'une formule très simplifiée établie pour les conditions climatiques d'Afrique de l'Ouest par l'IRHO (Surre, 1968), et qui permet de calculer un déficit hydrique mensuel en faisant le bilan comptable des pluies auxquelles on ajoute la réserve en eau du sol (réserve maximale estimée à 200 mm), et dont on déduit l'évapotranspiration estimée à 5 mm/jour en saison sèche et à 4 mm/jour en saison pluvieuse.

Le modèle établi sur la plantation expérimentale R. Michaux (Dabou Côte-d'Ivoire) sur la lignée témoin L2TxD10D, fait intervenir le déficit hydrique cumulé sur 3 ans précédant la récolte (Dufour *et al.*, 1988) :

$$P = -0,0071 \text{ DH} + 22,12 \quad r = 0.94^{**}$$

où P : Production (en t rég/ha)
DH : Déficit hydrique cumulé sur 3 ans (en mm).

Cette relation met en évidence l'importance du déficit hydrique comme facteur du rendement. Une variation de 100 mm du déficit annuel, dans la fourchette de déficit de 0 à 500 mm, provoque une variation du rendement de 2,1 t régimes/ha/an, soit 10 % de la production potentielle à déficit hydrique nul.

Bien entendu ces modèles, très simples d'utilisation, ne sont généralement applicables que pour les conditions dans lesquelles ils ont été établis. Lors de l'étude de nouveaux projets de développement, on peut toutefois utiliser ces relations pour obtenir une estimation du potentiel de production que l'on peut espérer avec un déficit hydrique donné. Le tableau II donne les rendements potentiels annuels calculés pour les conditions écologiques de Dabou.

These studies also revealed considerable sensitivity of stomata to a water vapour pressure deficit in the air (relative humidity), an increase in which causes the stomata to close, even when there is a good water supply (harmattan period). On the other hand, stomata may open under severe soil water deficit conditions, if there is slight rainfall.

Using these studies, it should eventually be possible to come up with a dynamic production model, which could be used in particular for quantifying the effects of water deficits on yields.

✓ Relation between water deficit and production: statistical models

Statistical models, drawn up for given climatic periods and precise cropping conditions (ecological conditions, planting material, planting date, etc.) are currently used to study these relations. The production estimation method is based on an analysis of the environment's ecological parameters. Various studies conducted in West Africa have shown that the best correlations are obtained in these regions with the water deficit, and sometimes with useful radiation. The water balance is then estimated using a highly simplified formula drawn up by IRHO for conditions in West Africa (Surre, 1968), which makes it possible to determine a monthly water deficit by calculating rainfall plus the water reserve in the soil (maximum reserve estimated at 200 mm), minus evapotranspiration estimated at 5 mm/day in the dry season and 4 mm/day in the rainy season.

*The model developed at the R. Michaux experimental plantation (Dabou, Côte-d'Ivoire) on the L2TxD10D control family, uses a water deficit cumulated over 3 years prior to harvesting (Dufour *et al.*, 1988):*

$$P = -0.0071 \text{ WD} + 22.12 \quad r = 0.94^{**}$$

where P = Production in tonnes of FFB/ha
WD = Water deficit cumulated over 3 years, in mm

This relation shows the importance of the water deficit as a factor in yields. A variation of 100 mm in the annual deficit, within a deficit range of 0 to 500 mm, causes yields to vary by 2.1 t of FFB/ha/year, i.e. 10% of potential production with no water deficit.

Of course, these models, which are very easy to use, are usually only applicable to the conditions under which they were themselves developed. Nevertheless, these relations can still be used when studying new development projects, to obtain an estimation of the production potential that can be expected with a given water deficit. Table II gives the annual potential yields calculated for the ecological conditions at Dabou.

TABLEAU II. — Rendement annuel moyen en fonction du déficit hydrique annuel (Dabou - Côte-d'Ivoire) — (Mean annual yields depending on annual water deficit (Dabou - Côte-d'Ivoire))

Déficit hydrique - mm/an (Water deficit - mm/year)	Rendement - t/ha/an (Yields - t/ha/year)
0	22,0
100	20,0
200	17,9
300	15,7
400	13,5

Ces modèles sont très utiles pour effectuer des prévisions de production en début de campagne. Dans ce cas une relation peut être établie en ne considérant que la somme des déficits hydriques cumulés sur les deux ans et demi avant le début de la campagne. Appliquée sur la plantation de Dabou (plantation expérimentale assez hétérogène), cette méthode a donné des résultats intéressants, avec un écart type résiduel moyen égal à 8 % de la production (Dufour *et al.*, 1987). Sur des plantations plus homogènes, ce résultat devrait être amélioré.

Des études similaires entreprises par Frère (1986) sur les données de Dabou, avec un pas de temps mensuel, permettent de mettre en évidence trois périodes de sensibilité particulière de la production au déficit hydrique :

- la première se situe entre 30 et 33 mois avant la récolte. Elle pourrait correspondre à la période de sexualisation ;
- la seconde se situe entre 19 et 24 mois ;
- la troisième est comprise entre 7 et 13 mois avant la récolte. Elle correspond à la période des avortements.

✓ Répartition mensuelle de la production

En Côte-d'Ivoire, l'existence d'un climat à saisons sèches et pluvieuses marquées se traduit par des cycles d'inflorescences femelles et mâles très prononcés. De ce fait on observe certains mois de fortes productions pouvant représenter plus de 15 % de la production annuelle, alors que certains mois la production ne représente que moins de 4 % de la production annuelle.

Ce phénomène est un problème pour les usines, qui doivent posséder une capacité suffisante pour absorber les fortes productions, alors cette capacité ne sera pas utilisée en période creuse.

Lorsque le déficit hydrique est faible, ou compensé par une irrigation, ces variations sont sensiblement atténuées (Prioux *et al.*, à paraître).

□ TECHNIQUES CULTURALES POUR ATTEINDRE LES EFFETS NEFASTES DE LA SÈCHERESSE

D'une manière schématique, les précipitations servent à alimenter en eau le réservoir que constitue le sol. Il serait donc possible d'intervenir à deux niveaux :

- au niveau du réservoir : en améliorant son alimentation en eau, ou en augmentant son volume ;
- en mettant cette eau exclusivement à la disposition des palmiers.

✓ Alimentation en eau du sol

• Irrigation

La correction du déficit hydrique par un apport complémentaire d'eau par irrigation ne peut être envisagée qu'après une étude technique et économique très précise. Il faut d'abord trouver une source d'eau. Il faut ensuite être sûr que le potentiel de production permettra d'amortir l'investissement important que cette technique nécessite. Il n'est pas envisageable d'installer un système d'irrigation lorsque la fréquence et l'intensité des sécheresses sont faibles. L'essai d'irrigation de PHCI en Côte-d'Ivoire fait apparaître des résultats intéressants (production = 23 t régimes/ha ; meilleure répartition mensuelle...) mais parfois en limite de rentabilité en période de déficit hydrique peu élevé, ceci malgré un prix de vente de l'huile relativement bon.

En revanche en Thaïlande, avec un déficit hydrique annuel régulièrement supérieur ou égal à 400 mm, et un prix de vente relativement élevé, les frais engendrés par l'irrigation

*These models are very useful for forecasting production at the start of a campaign. In this case, a relation can be established by only considering the sum of the water deficits cumulated over two and a half years before the start of the campaign. When applied to the Dabou plantation (relatively heterogeneous experimental plantation), this method gave interesting results, with a mean residual standard deviation of 8% of production (Dufour *et al.*, 1987). On more homogeneous plantations, a better result should be obtained.*

Similar studies conducted by Frère (1986) using Dabou data and monthly intervals, revealed three periods where production was particularly sensitive to water deficit :

- *the first between 30 and 33 months before harvesting. This could correspond to the sex differentiation period,*
- *the second between 19 and 24 months,*
- *the third between 7 and 13 months before harvesting. It corresponds to the aborting period*

✓ Monthly distribution of production

In Côte-d'Ivoire, the existence of a climate with marked dry and rainy seasons leads to very distinct female and male inflorescence periods. Hence, in certain months, there can be high yields that may reach more than 15% of annual production, whereas yields in other months may only amount to less than 4% of annual production.

This phenomenon is a problem for oil mills, which need to have a sufficient capacity to cope with high yields, whereas the capacity will remain unused during slack periods

*When the water deficit is low, or compensated for by irrigation, these variations are considerably reduced (Prioux *et al.*, due to be published).*

□ CROPPING TECHNIQUES TO REDUCE THE ADVERSE EFFECTS OF DROUGHT

In brief, rainfall tops up the water reserve in the soil. Hence, it would seem to be possible to intervene in two ways.

- *on the reservoir, by improving its water supply, or increasing its volume;*
- *by making the water available exclusively for oil palms*

✓ The soil's water supply

• Irrigation

Correcting a water deficit through irrigation can only be considered after a very precise technical and economic study. First of all, a water source has to be found. It then has to be checked that the production potential will make it possible to amortize the considerable investment required for this technique. Installing an irrigation system cannot be considered if the drought frequency and intensity are low. The PHCI irrigation trial in Côte-d'Ivoire gave interesting results (production = 23 t of FFB/ha; better monthly distribution, etc.), but sometimes with reduced cost-effectiveness when the water deficit was not high, despite a relatively high price for oil sales.

On the other hand, in Thailand, with an annual water deficit regularly higher than or equal to 400 mm, and a relatively high sales price, the costs generated by irrigation can

Dabou accentue l'effet des déficits hydriques (Dufour et Olivin, 1985 ; Caliman *et al.*, 1987)

Ainsi on a pu être amené à réaliser dans certains sols un sous-solage profond lors des replantations de la palmeraie, afin d'éclater une couche de sol compacte située entre 20 et 40 cm de profondeur. Dans ces conditions, les jeunes palmiers ont un développement végétatif plus vigoureux et les effets sur la production sont positifs (Caliman *et al.*, 1989 ; Caliman, 1990) (Tabl. IVa et IVb).

Les mesures stomatiques effectuées au jeune âge (entre 6 et 12 mois) sur le DACP27 montrent que les palmiers plantés après sous-solage ont fermé leurs stomates plus tard que les palmiers témoins, lors de l'entrée en saison sèche.

Les profils racinaires font apparaître une nette amélioration de l'exploitation du sol par les racines, aussi bien dans leur extension verticale qu'horizontale (Fig. 4 et 5). Au total, le poids sec de racines des palmiers plantés après sous-solage est amélioré de 41 % à l'âge de deux ans.

Des essais de sous-solage en plantation adulte sur sol tassé sont actuellement à l'étude.

nomenon, which has been seen at Dabou, increases the effects of water deficits (Dufour and Olivin, 1985; Caliman *et al.*, 1987).

Hence, deep subsoiling may prove necessary on some soils when replanting oil palm, in order to break up the compacted layer of soil 20 to 40 cm down. If this is done, the vegetative development of young oil palms is more vigorous and the effects on production are positive (Caliman *et al.*, 1989; Caliman, 1990) (Tables IVa and IVb).

Stomatal measurements carried out on young trees (between 6 and 12 months) on DACP27 showed that oil palms planted after subsoiling closed their stomata later than the control palms at the start of the dry season.

Root profiles reveal much better soil exploration by the roots, both vertically and horizontally (Fig. 4 and 5). In all, the dry weight of roots from oil palms planted after subsoiling improved by 41% at two years.

Subsoiling trials in adult plantations on compacted soils are currently under way.

TABLEAU IVa. — Effet du sous-solage sur la production (kg/arbre) DACP27 - Dabou - Côte-d'Ivoire — (Effect of subsoiling on production -kg/tree- DACP27 - Dabou - Côte-d'Ivoire)

	Témoin (Control)		Sous-solage (Subsoiling)	
	kg/arbre (kg/tree)	%	kg/arbre (kg/tree)	%
1988/89	58,6	(100)	65,1*	(111)
1989/90	26	(100)	34**	(131)
1990/91	89	(100)	90	(101)
1988-1991	171	(100)	185*	(108)

*, ** : significatifs 0,05 et 0,01 respectivement (*, ** significant 0,05 and 0,01 respectively)

TABLEAU IVb. — Effet du sous-solage sur la production (kg/arbre) DACP29 - Dabou - Côte-d'Ivoire — (Effect of subsoiling on production -kg/tree- DACP29 - Dabou - Côte-d'Ivoire)

	Témoin (Control)		Sous-solage (Subsoiling)	
	kg/arbre (kg/tree)	%	kg/arbre (kg/tree)	%
1990/91	58	(100)	71**	(122)

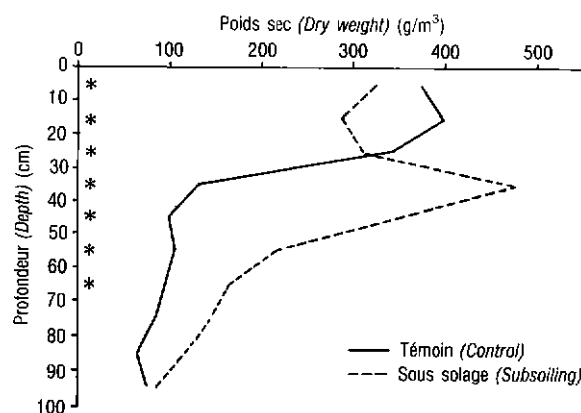


FIG. 4. — Effet du sous-solage sur le profil racinaire, DACP27 - Côte-d'Ivoire (Caliman, 1989) — (Effect of subsoiling on root profile -DACP27 - Côte-d'Ivoire - Caliman, 1989)

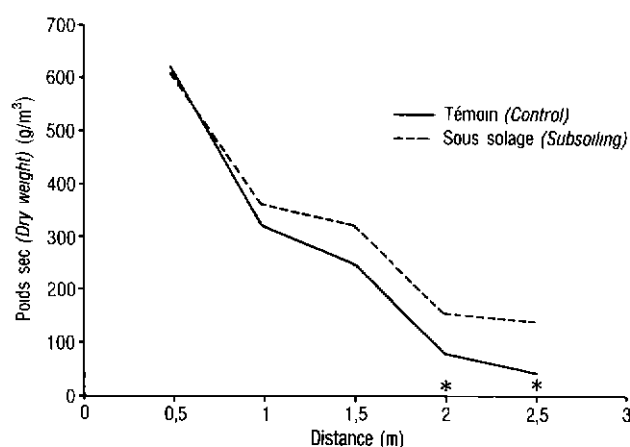


FIG. 5. — Effet du sous-solage sur la répartition horizontale des racines, DACP27 - Côte-d'Ivoire (Caliman, 1989) — (Effect of subsoiling on horizontal root distribution -DACP27 - Côte-d'Ivoire - Caliman, 1989)

peuvent être amortis en 5 ans (Lubis, 1991). Les productions peuvent alors atteindre et dépasser 25 t régimes/ha/an.

- Nappe phréatique peu profonde

Le choix de zones à nappe phréatique peu profonde (tourbes, bas-fonds....) représente actuellement une solution intéressante. Avec des techniques de cultures bien adaptées, les rendements de plantations sur tourbes peuvent atteindre le potentiel qui serait attendu sans déficit hydrique (Quencez *et al.*, 1987).

Il peut arriver cependant, lors de saisons sèches exceptionnelles, que les tourbes soient momentanément asséchées. Il faut alors prendre garde aux problèmes d'incendies qui peuvent se déclarer.

- Aménagements des terrains accidentés

Dès que la pente des parcelles s'accroît au delà de 3 à 4%, les pertes d'eau par ruissellement peuvent devenir importantes et affecter sensiblement le coefficient d'utilisation des eaux de pluie. En plantation adulte, lorsque la plante de couverture est faiblement développée, le taux de ruissellement peut atteindre dans certains cas 60 % (Roose, 1981). Cette perte d'eau accentue le déficit hydrique calculé. De plus, ce ruissellement en nappe et en rigoles entraîne une érosion parfois intense, à l'origine d'une diminution progressive de la fertilité des sols.

Il convient alors d'adapter les systèmes de plantations et les techniques culturales à la topographie en plantant en courbes de niveau avec des aménagements (diguettes, terrasses...) aptes à limiter le ruissellement (Prioux, 1987 ; Caliman *et al.*, 1987). Ces techniques ont donné des résultats intéressants. Ainsi en Côte-d'Ivoire, les palmiers plantés sur terrasses individuelles de 4 mètres de diamètre ont eu, un an après la plantation, une croissance améliorée de 7 % par rapport aux palmiers témoins. Les mêmes palmiers ont donné une production cumulée sur les trois premières campagnes supérieures significativement de 5 % à la production des palmiers témoins.

Dans un autre essai industriel planté en 1987, plusieurs aménagements, associés à une plantation en courbes de niveau sont comparés. Les mesures de croissance effectuées à l'âge de deux ans font apparaître un effet positif de tous les aménagements par rapport au témoin planté en ligne droite sans aménagement (Tabl. III).

L'objectif de ces aménagements est donc double : améliorer le bilan hydrique et conserver la fertilité des sols.

be recovered in 5 years (Lubis, 1991) Production can reach or exceed 25 t of FFB/ha/year.

- High water table

Choosing zones with a high water table (peat, bottom-lands, etc.) is currently a useful solution. With appropriate cropping techniques, yields from plantings on peat soils can reach the potential that would be expected with no water deficit (Quencez et al., 1987).

However, during exceptionally dry seasons, peat soils may temporarily dry out and a watch has to be kept out for fires that might break out

- Special land improvements in undulating areas

Once the slope in plots exceeds 3 to 4%, substantial amounts of water can be lost through runoff, which may considerably affect the coefficient of rainwater use. In adult plantings, when the cover crop is not well developed, the runoff rate can reach 60% in some cases (Roose, 1981). This water loss increases the calculated water deficit. Moreover, this runoff, in sheets and gullies leads to sometimes severe erosion, causing a gradual reduction in soil fertility

Planting systems and cropping techniques therefore need to be adapted to the lie of the land, by planting along contour lines, with constructions (bunds, terraces, etc.) capable of limiting runoff (Prioux, 1987; Caliman et al., 1987). These techniques have given good results. In the Côte-d'Ivoire, oil palms planted on individual terraces with a diameter of 4 metres had a growth rate 7% better than the control palms one year after planting. The production of the same oil palms, cumulated over the first three campaigns, was a significant 5% higher than that of the control palms.

In another commercial trial planted in 1987, several land developments, combined with contour planting, are being compared. Growth measurements taken at two years reveal the positive effect of all the developments compared to the control planted in a straight row with no land developments (Table III)

The purpose of these land developments is therefore two-fold: improve the water balance and conserve soil fertility.

TABLEAU III. — Effets d'aménagements sur la croissance de palmiers âgés de 2 ans (Dabou - Côte-d'Ivoire) — (*Effect of special land improvements on growth of 2-year-old oil palms -Dabou - Côte-d'Ivoire*)

	Circonférence au collet (<i>Girth</i>)		Longueur de feuille (<i>Leaf length</i>)	
	en cm	%	en cm	%
Témoin (<i>Control</i>)	159	(100)	243	(100)
Terrasses individuelles + diguettes en courbes de niveau (<i>Individual terraces + bunds along contour lines</i>)	173	(109)	256	(105)
Terrasses mécaniques en courbes de niveau (<i>Mechanical terraces along contour lines</i>)	168	(106)	252	(104)
Diguettes en courbes de niveau (<i>Bunds along contour lines</i>)	177	(111)	255	(105)

- Amélioration de la structure du sol

Le volume de la réserve en eau disponible pour le palmier dépend de la capacité de celui-ci à explorer le sol en profondeur. Il peut arriver qu'une mauvaise structure du sol, par tassement de certains horizons, crée un obstacle au développement en profondeur des racines. Ce phénomène observé à

- Improvement of the soil structure

The volume of the water reserve available for oil palms depends on their ability to explore downwards through the soil. A poor soil structure, caused by compaction of certain horizons, may hinder root development deep down. This phe-

✓ **Amélioration de l'alimentation en eau des palmiers**

- Compétition palmier à huile - plante de couverture

L'eau disponible dans le sol est consommée à la fois par le palmier à huile et par la plante de couverture ou les adventices. De nombreuses études ont été réalisées dans le but de réduire ou d'annuler la consommation en eau de la plante de couverture et des adventices lorsque l'alimentation hydrique est un facteur limitant pour la production du palmier à huile. La plupart des essais ont été réalisés sur jeunes plantations.

Il s'agit généralement de créer un sol nu (chimiquement ou mécaniquement) partiel ou total. Les essais de sol nu intégral réalisés en Afrique de l'Ouest font apparaître un effet positif important les premières années, aussi bien sur la croissance que sur la production. On observe également une diminution sensible des dégâts causés par la sécheresse (IRHO, 1969 ; Daniel et de Taffin, 1974) : tableaux Va, b, c.

✓ **Improvement of oil palm water supply**

- Oil palm - cover crop competition

The water supply in the soil is consumed both by the oil palms and by the cover crop, or weeds. Numerous studies have been carried out to reduce or cancel out water consumption by the cover crop or weeds when the water supply is a limiting factor for oil palm yields. Most of the trials were conducted in young plantings.

It usually involves leaving totally or partially bare soil (chemically or mechanically). Trials in West Africa with totally bare soil revealed a substantial positive effect in the early years, as regards both growth and production. There was also a considerable reduction in drought damage (IRHO, 1969, Daniel and de Taffin, 1974) : tables Va, b and c.

TABEAU Va. — Effet du sol nu sur la production (kg/arbre) cumulée de 4 à 8 ans. GDES9 - Côte-d'Ivoire (IRHO, 1969) —
(Effect of bare soil on production -kg/tree- cumulated from 4 to 8 years. GDES9 - Côte-d'Ivoire - IRHO, 1969)

	kg/arbre (kg/tree)	%
Témoin (Control)	192,6	(100)
Sol nu chimique (Bare soil chemical)	266,5	(138)
Sol nu mécanique (Bare soil mechanical)	255,0	(132)

TABEAU Vb. — Effet du sol nu sur la croissance (âge : 18 mois) GDES18 - Côte-d'Ivoire (IRHO, 1969) —
(Effect of bare soil on growth -age : 18 months - GDES18 - Côte-d'Ivoire - IRHO, 1969)

	Circonférence au collet (Girth)		Longueur de feuille (Leaf length)		Emission foliaire (Leaf emission)	
	en cm	%	en cm	%		
Témoin (Control)	85	(100)	176	(100)	30,0	(100)
Sol nu (Bare soil)	116	(136)	205	(116)	35,3	(118)

TABEAU Vc. — Effet du sol nu sur la production moyenne annuelle de 5 à 9 ans (kg/arbre/an) DAES117 (Dabou - Côte-d'Ivoire (Caliman, 1990) —
(Effect of bare soil on mean annual production from 5 to 9 years -kg/tree/year- DAES117 - Dabou - Côte-d'Ivoire - Caliman, 1990)

	kg/arbre/an (kg/tree/year)	%
Témoin (Control)	68,8	(100)
Sol nu (Bare soil)	83,6	(138)

TABEAU VI. — Effet de différentes techniques de sol nu sur la croissance (4 ans) DAES138 - Dabou - Côte-d'Ivoire —
(Effect of different bare soil on growth -4 years - DAES138 - Dabou - Côte-d'Ivoire)

	Circonférence au collet (Girth)		Longueur de feuille (Leaf length)	
	en cm	%	en cm	%
Témoin (Control)	215	(100)	302	(100)
Sol nu intégral (mécanique) (Totally bare soil -mechanical)	247	(115)	371	(123)
Sol nu interligne (chimique) (Bare soil in interrow - chemical)	242	(113)	389	(129)
Sol nu bande de plantation (chimique) (Bare strip in planting row - chemical)	229	(107)	371	(123)
Sol nu bande de plantation (mécanique) (Bare strip in planting row -mechanical)	239	(111)	381	(126)

TABLEAU VII. — Effet des densités de plantation - Age : 10 ans - (Bénin) - (IRHO, 1989) — (Effect of planting densities - Age : 10 years - Benin - IRHO, 1989)

	Densité (arbres/ha) (Density - trees/ha)	Mortalité (%) (Death rate - %)	Production (Production)		Production moyenne (Mean production)	
			kg/arbre (kg/tree)	t/ha	kg/arbre (kg/tree)	t/ha
POCP29 (1975)	95	24	52	3,7	43	3,6
	143	42	36	3,0	36	4,0
POCP32 (1976)	100	16	43	3,6	44	4,0
	121	27	41	3,6	39	4,1
	143	30	30	3,0	35	4,3
	164	39	30	3,0	33	4,3

Cependant, cette technique de sol nu intégral expose le sol à l'agressivité des pluies avec des phénomènes d'érosion importante et une dégradation de la fertilité des sols. Il est ensuite difficile d'installer à nouveau une couverture de légumineuses lorsque les conditions pluviométriques le permettent. Une technique intermédiaire consiste à réduire la surface occupée par la plante de couverture. Un essai réalisé à Dabou (Côte-d'Ivoire) étudie ainsi l'intérêt de certaines techniques culturales (Tabl. VI). Les observations réalisées permettent de conclure que la réalisation de bandes de sol nu par désherbage chimique le long de la ligne de plantation, ou d'élargissement de la dimension des ronds autour des palmiers constitue une technique acceptable agronomiquement (effet positif sur la croissance, pas d'effet négatif sur la fertilité des sols). Il reste en effet une faible partie de la plante de couverture au milieu de l'interligne des palmiers, qui peut se développer lors du retour des pluies. La partie touchée par l'herbicide constitue un mulch diminuant l'évaporation du sol et protégeant celui-ci lors du retour des pluies.

A noter que le *Pueraria* semble le plus rapide à se redévelopper ; le *Calopogonium* paraît plus résistant à la sécheresse et se développe mieux sous ombrage de palmiers.

L'élimination de la plante de couverture doit être effectuée au début de la saison sèche, avant que le stock d'eau ne soit entamé.

• Compétition entre palmiers à huile

Dans les conditions climatiques du Bénin, à très fort déficit hydrique (souvent supérieur à 600 mm), une diminution de la densité de plantation permet de réduire l'incidence des dégâts de sécheresse en diminuant la compétition pour l'eau entre arbres (IRHO, 1989) (Tabl. VII). Des observations similaires ont été effectuées lors d'un essai (LMCP31) situé en Côte-d'Ivoire où, lors de déficits hydriques exceptionnellement élevés, les dégâts causés par la sécheresse ont été moins importants sur les parcelles à faible densité (100 arbres/ha : 16 % d'arbres touchés) par rapport aux densités plus élevées (121-143-164 arbres/ha : 22 à 24 % d'arbres touchés). D'autre part, il semble que le matériel végétal plus encombrant soit plus touché.

Dans le cas du Bénin, la diminution de la densité de plantation est réalisée au profit de cultures associées, qui permettent de procurer au planteur un complément de revenu.

• Compétition entre organes d'un même palmier

Il a été observé, lors de fortes saisons sèches, que la sensibilité des palmiers était généralement liée à la charge en régimes des arbres. Des essais d'ablation de toutes les inflorescences avant l'ouverture des spathe ont été réalisés au jeune âge (Daniel et de Taffin, 1974). Ils montrent que dans des conditions à déficit hydrique sévère, cette technique permet d'améliorer nettement le développement végétatif des jeunes palmiers. Généralement, l'arrêt de l'ablation s'accompagne d'une production beaucoup plus élevée que la normale, compensant le manque de récolte correspondant à la durée de

However, this totally bare soil technique exposes the soil to the aggressions of rainfall and heavy erosion phenomena, along with a deterioration in soil fertility. It is then difficult to re-establish a legume cover crop when rainfall conditions permit. An intermediate technique consists in reducing the area occupied by the cover crop. A trial conducted at Dabou (Côte-d'Ivoire) is examining the merits of certain cropping techniques (Table VI). The observations carried out lead to the conclusion that leaving strips of bare soil along the planting row, using chemical herbicides, or enlarging the size of the planting circles around the oil palms, is an agronomically acceptable technique (positive effect on growth, no negative effect on soil fertility). In fact, a small proportion of the cover crop remains in the oil palm interrow, which can develop once there is adequate rainfall. The part touched by the herbicide forms a mulch which reduces evaporation from the soil, thereby protecting it once the rain returns.

It is worth noting that *Pueraria* appears to redevelop quickest; *Calopogonium* appears to have the greatest drought resistance and develops best in the shade of oil palms.

The cover crop should be eliminated at the beginning of the dry season, before the water reserve is tapped.

• Competition between oil palms

Under the climatic conditions encountered in Benin, with a severe water deficit (often more than 600 mm), a reduction in planting density leads to a fall in drought damage, by reducing the competition between trees for water (IRHO, 1989) (Table VII). Similar observations have been carried out in a trial (LMCP31) in Côte-d'Ivoire, where under exceptionally severe water deficit conditions, drought damage was less in low density plots (100 trees/ha: 16% of trees affected) than in higher density plots (121-143-164 trees/ha: 22 to 24% of trees affected). In addition, bulky planting material seemed to be more affected.

In Benin, the reduction in planting density goes to benefit intercrops, which provide farmers with additional income.

• Competition between organs in the same oil palm

In severe dry seasons, it has been seen that oil palm sensitivity usually seems to be linked to the number of bunches in the trees. Trials were conducted on young trees where all the inflorescences were removed before the spathe opened (Daniel and de Taffin, 1974). They showed that with a severe water deficit, this technique clearly improved the vegetative development of young oil palms. Generally speaking, once ablation is halted, production becomes higher than normal, compensating for the harvest lost during the ablation period (Table VIII). Ablation also leads to better

ablation (Tabl. VIII). L'ablation permet aussi un meilleur développement du système racinaire des jeunes palmiers. A Dabou, cette technique d'ablation est réalisée en jeunes plantations dès l'apparition des premières inflorescences (18 mois) et se poursuit pendant 1 à 2 ans, suivant le développement des palmiers.

Ces résultats montrent qu'il devrait être possible, lors de conditions climatiques exceptionnellement mauvaises, de permettre aux palmiers de passer la saison sèche avec moins de dégâts, en effectuant des ablations totales ou partielles des inflorescences. Cependant des problèmes techniques peuvent exister (hauteur des arbres par exemple). Il faut noter qu'un surplus de production surviendra après l'arrêt du traitement (effet de compensation).

root system development in young oil palms. At Dabou, this ablation technique is used in young plantings as soon as the first inflorescences appear (18 months) and is continued for 1 to 2 years depending on how the oil palms develop.

These results show that, when climatic conditions are exceptionally bad, it should be possible for oil palms to get through the dry season with less damage if some or all of the inflorescences are removed. However, there may be technical problems (tree height, for example). It should be noted that a production surplus will occur once the treatment is halted (compensation effect).

TABLEAU VIII. — Effet de l'ablation sur la croissance à 4 ans et la production - POCP 23 - Bénin (Daniel et de Taffin, 1974) — (*Effect of ablation on growth at 4 years, and production. POCP23 - Bénin - Daniel and de Taffin, 1974*)

	Témom (Control)		Ablation (Ablation)	
Circonférence collet (cm) (<i>Girth - cm</i>)	231	(100)	264	(114)
Emission foliaire (<i>Leaf emission</i>)	25,4	(100)	27,2	(107)
Racines I (g/m^2) (<i>Roots I - g/m²</i>)	104	(100)	176	(169)
Racines II (g/m^2) (<i>Roots II - g/m²</i>)	59	(100)	140	(237)
Racines III+IV (g/m^2) (<i>Roots III+IV - g/m²</i>)	181	(100)	423	(234)
Production cumulée à 6 ans (kg/rég /arbre) (<i>Cumulated production at 6 years (kg/FFB/tree)</i>)	85,4	(100)	87,7	(103)
Mortalité à l'âge de 7 ans due à la sécheresse (%) (<i>Death rate at 7 years due to drought - %</i>)	2,7	(100)	0,8	(30)

❑ DEFICIT HYDRIQUE ET NUTRITION MINÉRALE

Le diagnostic foliaire est utilisé pour le contrôle de la nutrition minérale des plantations de palmiers à huile. Cette méthode nécessite la connaissance préalable des courbes de réponses aux engrais, et des niveaux critiques, obtenus par les résultats des essais en champ.

Les études effectuées sur le réseau d'expériences de fertilisation géré par l'IRHO montrent que les courbes de réponses et les niveaux critiques du potassium varient en fonction de l'alimentation hydrique des palmiers (Quencez et de Taffin, 1981 ; Ollagnier *et al.*, 1987). Le niveau critique passe ainsi par un maximum ($N_c = 1,05\%$) dans les situations caractérisées par un déficit hydrique moyen de 200 mm, et prend des valeurs plus faibles ($N_c = 0,7\%$) lorsque les déficits sont forts ou très faibles (Fig. 6). Les hypothèses explicatives de ce phénomène attribuent au potassium un double rôle d'élément nutritif et d'élément favorisant la résistance à la sécheresse. Le palmier à huile et le cocotier sont en effet des plantes pour lesquelles le potassium et le chlore jouent un rôle important dans les mécanismes d'ouverture des stomates (Braconnier et d'Auzac, 1985).

L'existence d'une liaison entre le niveau critique du potassium et le déficit hydrique ne doit pas faire oublier que la réponse à l'engrais potassique dépend en grande partie des caractéristiques du sol. Ainsi sur certains types de sols d'origine volcanique ou alluviale par exemple, le potassium apporté par la fumure est difficilement assimilé par les palmiers, malgré des teneurs natives en potassium parfois relativement faibles.

Les périodes de prélèvement des échantillons pour analyses minérales et d'épandage des engrais doivent tenir compte de la pluviométrie :

❑ WATER DEFICIT AND MINERAL NUTRITION

Leaf analysis is used to keep track of mineral nutrition on oil palm plantations. This method requires prior knowledge of fertilizer response curves and critical levels, obtained from field trials.

*Studies conducted in the fertilization experimental network managed by IRHO show that the response curves and critical levels for potassium vary depending on the water supply to the oil palms (Quencez and de Taffin, 1981; Ollagnier *et al.*, 1987). Thus the critical level shifts from a maximum ($CL = 1.05\%$) in situations with a mean water deficit of 200 mm, to lower values ($CL = 0.7\%$) when water deficits are high or very low (Fig. 6). The hypotheses to explain this phenomenon attribute a dual role to potassium - nutrient and element favouring drought resistance. Both oil palm and coconut are plants for which potassium and chlorine play an important role in stomatal opening mechanisms (Braconnier and d'Auzac, 1985).*

The existence of a link between the critical level for potassium and the water deficit should not be allowed to obscure the fact that the response to potassium fertilizer largely depends on soil characteristics. For example, in certain types of soil of volcanic or alluvial origin, the potassium derived from fertilizer applications cannot be easily taken up by oil palm, despite inherent potassium contents that are sometimes relatively high.

The periods when samples are taken for mineral analysis and when fertilizers are applied should take rainfall into account:

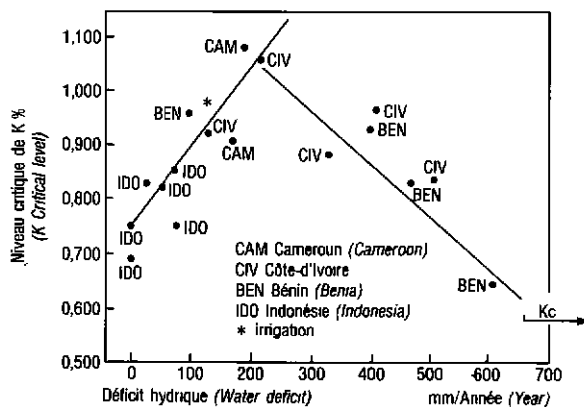


FIG 6. — Variation du niveau critique du potassium en fonction du déficit hydrique. (Ollagnier et al., 1987) — (Variation in potassium critical level depending on water deficit -Ollagnier et al., 1987)

- le diagnostic foliaire doit être réalisé en début de saison sèche. Pour des déficits dépassant 400 mm durant la période précédant le prélèvement, la teneur en K diminue de 0,03 % par tranche de 100 mm de déficit supplémentaire ;
- l'épandage des engrais doit être réalisé en fin de saison des pluies, lorsque l'alimentation hydrique des palmiers est bonne et que les risques de perte des engrais par les fortes pluies sont limités.

- leaf analyses should be carried out at the beginning of the dry season. For deficits exceeding 400 mm in the period prior to sampling, the K content falls by 0.03% per 100 mm increase in water deficit,
- fertilizers should be applied at the end of the rainy season, when there is a good water supply and the risks of fertilizer losses through heavy rain are limited

CONCLUSION

L'étude préalable des conditions climatologiques est indispensable pour la conception de tout projet de développement. En particulier la fréquence et l'intensité des déficits hydriques conditionneront le potentiel de production. Celui-ci peut être approché en utilisant les modèles statistiques de production que l'on peut établir dans une situation écologique donnée. Dans un avenir proche, des modèles dynamiques devraient être développés à partir des résultats des études physiologiques en cours.

Lors de la mise en place de plantations en zones écologiques à déficit hydrique non négligeable, certaines techniques culturales peuvent, dans certains cas, permettre d'atténuer l'effet néfaste des saisons sèches :

- sol nu en bande pendant la saison sèche (ou grands ronds) ;
- amélioration de la structure du sol quand nécessaire ;
- aménagement des terrains accidentés ;
- ablation totale ou partielle des inflorescences ;
- fertilisation raisonnée (doses et périodes d'application) ;
- plantation à faible densité dans les régions à très forts déficits ;
- choix des zones pour les nouveaux projets (tourbes, bas-fonds).

La technique du sol nu intégral est toutefois à proscrire.

La relation existant entre la nutrition potassique et le déficit hydrique souligne une fois de plus la nécessité des essais en champ dans chaque zone écologique pour l'établissement des barèmes de fumures.

Enfin, l'étude de phénomènes physiologiques liés au stress hydrique devrait aboutir à la sélection d'un matériel végétal tolérant à la sécheresse, grâce à la mise au point de tests précoces pour identifier dès le stade plantule les croisements, géniteurs ou clones résistants. Les observations ont montré que certains croisements disposaient de structures

CONCLUSION

A study of climatological conditions is essential before drawing up any development project. In particular, the frequency and intensity of water deficits will determine production potential. This can be approximated by using statistical production models which can be developed for a given ecological situation. In the near future, dynamic models should be developed using the results of physiological studies already under way.

When setting up plantations in ecological zones with a considerable water deficit, certain cropping techniques can reduce the adverse effects of dry seasons, in some cases :

- strips of bare soil during the dry season (or large planting circles) ;
- improvement of the soil structure when necessary,
- land development constructions in undulating areas ;
- total or partial inflorescence ablation ;
- rational fertilization (application rates and periods) ;
- planting at low density in regions with very high water deficits ;
- choice of zones for new projects (peat, bottom-lands).

However, the total bare soil technique is not advisable.

The relation existing between potassium nutrition and the water deficit emphasizes once again the need for field trials in each ecological zone, in order to draw up fertilizer schedules.

Finally, the study of physiological phenomena linked to water stress should lead on to the breeding of drought tolerant planting material, through the development of early tests to identify resistant crosses, parents or clones as early as the nursery stage. Observations have shown that certain

cellulaires plus résistantes, et d'une possibilité de maintien de l'hydratation de leurs tissus tout en gardant leurs stomates ouverts. Le degré des réserves en glucides ainsi que leur degré de disponibilité lié à l'activité enzymatique paraissent intervenir dans ces phénomènes de résistance à la sécheresse (IRHO, 1989).

crosses possess more resistant cell structures, with a better possibility for maintaining tissue hydration, whilst keeping their stomata open. The amount of carbohydrate reserves and the degree to which they are available, linked to enzymatic activity, seem to be involved in these drought resistance phenomena (IRHO, 1989)

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BRACONNIER S., d'AUZAC J. (1985). —Anatomical study and cytological demonstration of potassium and chlorine flux associated with oil palm and coconut stomatal opening. *Compte rendu de l'Académie des Sciences de Paris*, 301, série III, 457-462.
- [2] BRACONNIER S., d'AUZAC J. (1990). —Chloride and stomatal conductance in coconut. *Oléagineux*, 45, (6), 259-266.
- [3] CALIMAN J.P., de KOCHKO P. (1987). —Quelques techniques culturales et aménagements spéciaux réalisables en plantation de palmiers à huile pour limiter l'érosion et le ruissellement. *Oléagineux*, 42, (3), 99-106.
- [4] CALIMAN J.P., OLIVIN J., DUFOUR O. (1987). —Dégradation des sols ferrallitiques sableux en culture de palmiers à huile par acidification et compaction. *Oléagineux*, 42, (11), 393-401.
- [5] CALIMAN J.P., CONCARET J., OLIVIN J., DUFOUR O. (1990). —Maintenance de la fertilité physique des sols en milieu tropical humide sous culture du palmier à huile. *Oléagineux*, 45, (3), 103-110.
- [6] CALIMAN J.P. (1990). —Dégradation des propriétés physiques conditionnant la fertilité des sols sous culture du palmier à huile en Côte-d'Ivoire. Essai de correction. Thèse de Doctorat ès-Sciences, Université de Bourgogne, 225 p.
- [7] DANIEL C. de TAFFIN G. (1974). —Conduite des jeunes plantations de palmiers à huile en zones sèches au Dahomey. *Oléagineux*, 29, (5), 227-232.
- [8] DUFOUR O., OLIVIN J. (1985). —Evolution des sols de plantation de palmiers à huile sur savane. *Oléagineux*, 40, (3), 113-120.
- [9] DUFOUR O., FRERE J.L., CALIMAN J.P., HORNUS P. (1988). —Présentation d'une méthode simplifiée de prévision de la production d'une plantation de palmiers à huile à partir de la climatologie. *Oléagineux*, 42, (7), 271-278.
- [10] DUFRENE E. (1989). —Photosynthèses, consommation en eau et modélisation de la production chez le palmier à huile. Thèse de Doctorat ès-Sciences, Université d'Orsay, Paris 170 p.
- [11] DUFRENE E., OCHS R., SAUGIER B. (1990). —Photosynthèse et productivité du palmier à huile en liaison avec les facteurs climatiques. *Oléagineux*, 45, (8-9), 345-352.
- [12] FRERE J.L. (1986). —Relation climat - production d'une palmeraie en Côte-d'Ivoire. Mémoire de fin d'études. Faculté des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).
- [13] HARTLEY C.W.S. (1988). —The oil palm. Third edition. Longman group limited, London-New York 761 p.
- [14] IRHO (1969). —Rapport d'activité.
- [15] IRHO (1989). —Rapport d'activité. Numéro spécial. *Oléagineux*, 44, (4).
- [16] LUBIS H. Adlin U. (1985). —Kekeinginan dan kebakaran pada tanaman kelapa sawit. Berkala Himpunan Management Perkebunan Indonesia, 3, III, 21-25.
- [17] LUBIS H. Adlin U. (1991). —Kelapa sawit di Thailand. Buletin Pusat Penelitian Perkebunan Maritani 11, 01, 23-24.
- [18] MAILLARD G., DANIEL C., OCHS R. (1974). —Analyse des effets de la sécheresse sur le palmier à huile. *Oléagineux*, 42, 29, (8-9), 397-404.
- [19] OLLAGNIER M., DANIEL C., FALLAVIER P., OCHS R. (1987). —Influence du climat et du sol sur le niveau critique du potassium dans le diagnostic foliaire du palmier à huile. *Oléagineux*, 42, (12), 435-449.
- [20] PRIoux G. (1987). —Un exemple de plantation de palmiers à huile en courbes de niveau avec défense anti-érosion. *Oléagineux*, 41, (3), 315-317.
- [21] PRIoux G., JACQUEMARD J.C., FRANQUEVILLE H., CALIMAN J.P. à paraître - Irrigation du palmier à huile. Conséquence du système PHCI sur les facteurs de production. 18 p.
- [22] QUENCEZ P., de TAFFIN G. (1981). —Relation entre la nutrition potassique et la pluviométrie en culture de palmiers à huile et de cocotiers. *Oléagineux*, 36, (1), 1-7.
- [23] QUENCEZ P., de BERCHOUX C., HAMEL P., N'GUESSAN B., DUBOS B. (1987). —Valorisation des zones marécageuses par le palmier à huile. *Oléagineux*, 42, (2), 43-52.
- [24] REY H. (1988). —Analyse et exploitation des profils hydriques sous palmeraie. IRHO, doc 2146, 50 p.
- [25] REY H., QUENCEZ P., OCHS R., OLIVIN J. (1991). —Etude des sols pour la localisation d'une plantation de palmiers à huile. *Oléagineux*, 46, (10), 391-394.
- [26] ROOSE E. (1981). —Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. travaux et documents de l'ORSTOM, N. 130, 569 p.
- [27] SURRE C. (1968). —Les besoins en eau du palmier à huile : calcul du bilan de l'eau et ses applications pratiques. *Oléagineux*, 23, (3), 165-167.

RESUMEN

Palma aceitera y déficit hídrico: producción, técnicas de cultivo adecuadas

J.P. CALIMAN, *Oléagineux*, 1992, 47, N°5, p. 205-216

La alimentación hídrica es un factor limitante preponderante para la producción de la palma aceitera. Un mejor conocimiento de la fisiología de la planta debería llevar más adelante al establecimiento del modelo dinámico de la producción que permitiera especialmente cuantificar el efecto de los déficits hídricos. El IRHO ha conseguido ya algunos resultados en este ámbito (relación reserva de agua del suelo - aperturas estomáticas - fotosíntesis). Hasta ahora, se ha estudiado el efecto del déficit hídrico en la producción mediante la puesta a punto de modelos estadísticos sencillos (correlación déficit hídrico - producción) que son valederos sólo en las condiciones precisas para las cuales se han establecido. Durante estos estudios, aparecieron periodos de sensibilidad especial en las palmas. Algunas

técnicas de cultivo permiten anular o reducir el efecto negativo de los déficits hídricos (riego, preparación del suelo, acondicionamiento de terrenos, manejo con suelo sin cobertura,...). Se presentan los resultados obtenidos en varios ensayos de campo. También se comentan los efectos nocivos de algunas técnicas. La relación existiendo entre la nutrición potásica y el déficit hídrico recalca la necesidad de realizar ensayos en el campo para establecer niveles críticos y curvas de respuesta a los fertilizantes.

Palabras claves. — Palma aceitera, déficit hídrico, producción, técnicas de cultivo, nutrición mineral.